

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-008675

(43)Date of publication of application : 12.01.1996

(51)Int.Cl.

H03H 7/25

(21)Application number : 06-141967

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 23.06.1994

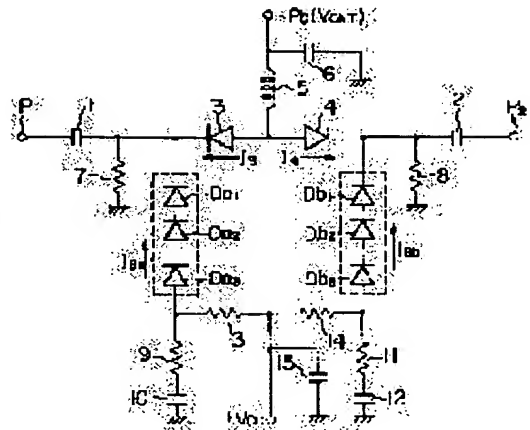
(72)Inventor : MAEDA YOSHIHIKO

(54) VARIABLE ATTENUATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the variable attenuator which reduces the non-linearity of input/output characteristics.

CONSTITUTION: A π type variable attenuator is applied, and PIN diodes 3 and 4 are connected with opposite polarities in series to the series path between its input and output terminals P1 and P2, and plural PIN diodes Da1 to Da3 and Db1 to Db3 are connected in series to parallel paths of PIN diodes 3 and 4, and a control voltage VCNT is applied through a choke coil 5 to control the dynamic impedance of PIN diodes 3 and 4 and PIN diodes Da1 to Da3 and Db1 to Db3 due to the change of forward currents of these diodes, thereby variably controlling the extent of attenuation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-8675

(43)公開日 平成8年(1996)1月12日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 3 H 7/25

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平6-141967

(22)出願日 平成6年(1994)6月23日

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72)発明者 前田 吉彦

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

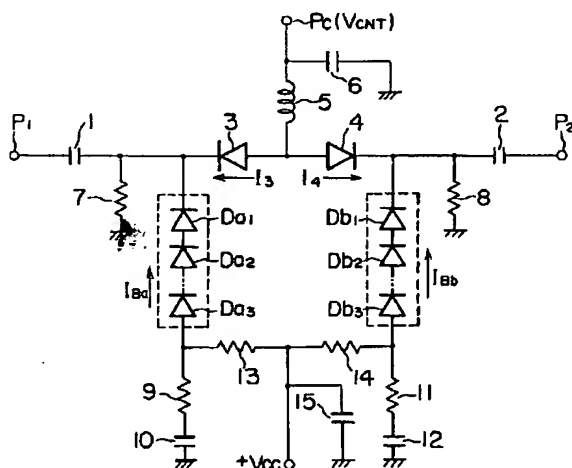
(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54)【発明の名称】 可変減衰器

(57)【要約】

【目的】 入出力特性の非線形性を低減する可変減衰器を提供する。

【構成】 π 型可変減衰器を適用し、その入出力端子 (P_1 , P_2) 間の直列経路にPINダイオード (3, 4) を相互に逆極性で直列接続し、PINダイオード (3, 4) に対する並列経路に複数のPINダイオード ($D_{a1} \sim D_{a3}$), ($D_{b1} \sim D_{b3}$) を直列接続し、チョークコイル (5) を介して制御電圧 (V_{CNT}) を印加することにより、PINダイオード (3, 4) とPINダイオード ($D_{a1} \sim D_{a3}$), ($D_{b1} \sim D_{b3}$) の順方向電流を変化に伴うそれらの動的インピーダンスを制御することによって、減衰量を可変制御する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入出力端子間の直列経路中に第 1 の可変抵抗素子が設けられ、前記直列経路に対する並列経路中に第 2 の可変抵抗素子が設けられ、前記第 1、第 2 の可変抵抗素子の分圧比の変化により減衰量を制御する π 型の回路構成を有する可変減衰器において、前記第 1 の抵抗素子として、順方向電流の変化に伴って動的インピーダンスが変化する P I N ダイオードが設けられ、前記第 2 の可変抵抗素子として、他の順方向電流の変化に伴って動的インピーダンスが変化するカスケード接続された複数の P I N ダイオードが設けられることを特徴とする可変減衰器。

【発明の詳細な説明】

【0001】本発明は、P I N ダイオードを可変抵抗素子として適用した可変減衰器に関し、特に、減衰量の変化における入出力特性の非線形性を軽減した可変減衰器に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、このような P I N ダイオードを使用した可変減衰器は、順方向電流に応じて動的インピーダンスが変化するという P I N ダイオードの可変抵抗特性を利用することによって、高周波信号振幅の減衰量を可変制御するものであり、特開昭 5 4 - 3 1 2 5 1 号に開示されたものがある。この可変減衰器は、高周波的に逆極性となるように接続した 2 個の P I N ダイオードを信号可変減衰用の可変抵抗素子としたものであり、夫々の P I N ダイオードの非線形性を互いに相殺させることによって、減衰量の変化における入出力特性の非線形性を軽減させるというものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、かかる従来の可変減衰器であっても、最大減衰量付近における 2 次相互変調歪と最小減衰量付近における 2 次相互変調歪が未だ十分に低減されないという問題があった。このことは、最大減衰量と最低減衰量を設定するときには、上記逆極性に接続されている 2 個の P I N ダイオードのどちらか一方の順方向電流が小さな電流値となるので、P I N ダイオードが非線形特性となり、かかる非線形性が十分に相殺されないことに因る。

【0004】本発明は、このような従来技術の課題に鑑みて成されたものであり、非線形性を更に軽減することができる可変減衰器を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために本発明は、 π 型の回路構成を適用すると共に、その入出力端子間の直列経路に一組の P I N ダイオードを相互に逆極性で直列接続し、上記 P I N ダイオードに対する並列経路に、複数の P I N ダイオードをカスケード接続し、制御電圧を印加することにより、上記一組の P I N ダイオードとカスケード接続された前記 P I N

2

ダイオードの順方向電流の変化に伴うそれらの動的インピーダンス制御することによって、減衰量を可変制御する構成とした。

【0006】

【作用】まず、P I N ダイオードは、順方向電流値の増加（減少）に伴って動的インピーダンス値が小さく（大きく）なるという特性を有すると共に、特に、順方向電流が或る電流値よりも小さくなる領域では、P I N ダイオードの非線形性が顕著になるという特性を有している。

【0007】上記構成を有する本発明の可変減衰器にあっては、1 個の P I N ダイオードを用いて所望の可変抵抗値を得るのではなく、複数の直列接続した P I N ダイオードによって可変抵抗値（直列抵抗値）を得るようにしている。換言すれば、ある電流値の順方向電流における 1 個の P I N ダイオードの動的インピーダンス値を r 、カスケード接続段数を k とすれば、直列接続による複数の P I N ダイオードの総動的インピーダンス値（直列抵抗値） r_r は $k \times r$ となる。したがって、P I N ダイオードを複数の直列接続して成る可変抵抗素子を使用する結果、個々の P I N ダイオードの動的インピーダンスが顕著な非線形性と成るような小電流の順方向電流を設定せずに、全体として所望する抵抗値を得ることができるので、非線形性を更に軽減する可変減衰器を提供することができる。

【0008】

【実施例】以下、本発明による可変減衰器の一実施例を図面と共に説明する。尚、この実施例にあっては、数 k H z 以上の交流信号に対する P I N ダイオードの動的インピーダンス（技術文献によっては、高周波抵抗、内部抵抗と呼ぶ場合もある）を利用するものであり、例えば、高周波伝送システム等に適用して好適なものを開示することとする。よって、この実施例では、P I N ダイオードの動的インピーダンスを高周波抵抗と呼ぶこととする。

【0009】まず、図 1 に基づいて実施例の構成を説明する。信号入出力端子 P_1 と P_2 との間に、直流阻止用の容量素子 1、2 と、相互に逆極性に接続された P I N ダイオード 3、4 とが直列接続されている。尚、説明上、これらの信号入出力端子 P_1 と P_2 との間に接続された容量素子 1、2 と P I N ダイオード 3、4 から成る信号経路を直列経路と呼ぶこととする。

【0010】P I N ダイオード 3、4 の相互に共通接続されたアノード接点がチョークコイル 5 を介して制御電圧印加端子 P_c に接続されると共に、制御電圧印加端子 P_c が容量素子 6 を介してアース接点に接続されている。又、P I N ダイオード 3 のカソード接点が抵抗 7 を介してアース接点に、P I N ダイオード 4 のカソード接点が抵抗 8 を介してアース接点に接続されている。

【0011】更に、P I N ダイオード 3 のカソード接点

50

3

は、相互に直列接続された複数個（この実施例では3個）のPINダイオード D_{a1} 、 D_{a2} 、 D_{a3} と抵抗9及び容量素子10を介してアース接点に接続されると共に、PINダイオード4のカソード接点は、相互に直列接続された複数個（この実施例では3個）のPINダイオード D_{b1} 、 D_{b2} 、 D_{b3} と抵抗11及び容量素子12を介してアース接点に接続されている。尚、図示する如く、夫々のPINダイオード D_{a1} 、 D_{a2} 、 D_{a3} と D_{b1} 、 D_{b2} 、 D_{b3} は、アノード接点側が抵抗9、11に接続され、カソード接点側がPINダイオード3、4のカソード接点に接続されるように直列接続されている。

【0012】PINダイオード D_{a3} のアノードと抵抗9との共通接続接点と、PINダイオード D_{b3} のアノードと抵抗11との共通接続接点との間には、バイアス設定用の抵抗13、14が直列に接続され、更に、抵抗13、14の共通接続接点が、所定の直流電源電圧端子+ V_{cc} に接続されると共に、容量素子15を介してアース接点に接続されている。

【0013】尚、容量素子1と2との容量値が等しく、容量素子10と12との容量値が等しく、抵抗7と8との抵抗値が等しく、抵抗9と11との抵抗値が等しく、抵抗13と14との抵抗値が等しく設定される。更に、PINダイオード D_{a1} 、 D_{a2} 、 D_{a3} と D_{b1} 、 D_{b2} 、 D_{b3} とが同一特性、PINダイオード3と4とが同一特性に設定される。

【0014】次に、かかる構成を有する可変減衰器の動作を説明する。PINダイオード D_{a1} 、 D_{a2} 、 D_{a3} に流れる順方向電流 I_{a1} とPINダイオード D_{b1} 、 D_{b2} 、 D_{b3} に流れる順方向電流 I_{b1} は、共に等しい値のバイアス抵抗13、14； $V_{c_{nt}}$ と V_{cc} によって設定されるので、等しい電流値となる。この結果、PINダイオード D_{a1} 、 D_{a2} 、 D_{a3} の両端に発生する総高周波抵抗値（直列抵抗値） r_{ra} とPINダイオード D_{b1} 、 D_{b2} 、 D_{b3} の両端に発生する総高周波抵抗値（直列抵抗値） r_{rb} は等しくなる。一方、PINダイオード3に流れる順方向電流 I_3 とPINダイオード4に流れる順方向電流 I_4 は、共に等しい値の抵抗7、8と抵抗13、14、電圧 $V_{c_{nt}}$ 、 V_{cc} によって設定されるので、等しい電流値となる。このように、この可変減衰器は、入出力端子 P_1 側の部分と入出力端子 P_2 側の部分で左右対象の回路構成を有する π 型可変減衰器となっている。

【0015】次に、制御電圧印加端子 P_c に印加する制御電圧 $V_{c_{nt}}$ の電圧変化に伴う減衰量の変化特性を説明する。まず、図2に一般的特性として示すように、PINダイオード3、4、 D_{a1} 、 D_{a2} 、 D_{a3} 、 D_{b1} 、 D_{b2} 、 D_{b3} の各高周波抵抗値は、順方向電流値の増加に伴って小さくなり、逆に、順方向電流値の減少に伴って大きくなるという特性を有している。（図2参照）

図1において、制御電圧 $V_{c_{nt}}$ を、 $0 \leq V_{c_{nt}} \leq +V_{cc}$ の電圧範囲で可変制御するものとする。制御電圧 $V_{c_{nt}}$

4

を電圧 V_{cc} に設定すると、PINダイオード D_{a1} 、 D_{a2} 、 D_{a3} と D_{b1} 、 D_{b2} 、 D_{b3} が逆バイアス状態となるので、順方向電流 I_{a1} 、 I_{b1} が流れなくなり、PINダイオード3、4には最大値の順方向電流 I_3 、 I_4 が流れる。かかるバイアス状態では、図2から明らかなように、PINダイオード3、4の高周波抵抗値 r_3 と r_4 が小さくなり、PINダイオード D_{a1} 、 D_{a2} 、 D_{a3} と D_{b1} 、 D_{b2} 、 D_{b3} の夫々の総高周波抵抗値 r_{ra} と r_{rb} が大きくなる。したがって、入出可変減衰器の減衰量は最小となる（最小減衰量）。

【0016】制御電圧 $V_{c_{nt}}$ を V_{cc} ボルトから次第に下げていくと、PINダイオード3、4の順方向電流 I_3 、 I_4 の減少に伴って次第に高周波抵抗値 r_3 、 r_4 が大きくなり、逆に、PINダイオード D_{a1} 、 D_{a2} 、 D_{a3} と D_{b1} 、 D_{b2} 、 D_{b3} の夫々の順方向電流 I_{a1} 、 I_{b1} の増加に伴って次第に総高周波抵抗値 r_{ra} 、 r_{rb} が小さくなる。したがって、制御電圧 $V_{c_{nt}}$ の減少に伴って、減衰量は増大する。

【0017】そして、交流信号を入出力端子 P_1 （又は P_2 ）に供給すると、上記の制御電圧 $V_{c_{nt}}$ により設定された減衰量で減衰された高周波信号が入出力端子 P_2 （又は P_1 ）に発生する。尚、高周波信号に対しては、コンデンサ1、2、10、12は実質的に短絡状態となるので、抵抗7、8、9、11及びPINダイオード3、4、 D_{a1} 、 D_{a2} 、 D_{a3} と D_{b1} 、 D_{b2} 、 D_{b3} の夫々の抵抗値による電圧分割によって減衰量が決まる。又、コンデンサ6、15は、それぞれ制御電圧 $V_{c_{nt}}$ 、電源電圧+ V_{cc} からのノイズを除去する。

【0018】このように、制御電圧 $V_{c_{nt}}$ を変化させると、電源電圧端子+ V_{cc} からバイアス抵抗13、14を介してPINダイオード D_{a1} 、 D_{a2} 、 D_{a3} と D_{b1} 、 D_{b2} 、 D_{b3} に供給される順方向電流 I_{a1} 、 I_{b1} と、制御電圧 $V_{c_{nt}}$ からチョークコイル5を介してPINダイオード3、4に供給される順方向電流 I_3 、 I_4 とが、相互に逆の関係で増減変化することによって、高周波抵抗値 r_3 、 r_4 と総高周波抵抗値 r_{ra} 、 r_{rb} も逆の関係で増減変化するので、減衰量の可変制御が達成される。

【0019】次に、かかる構成を有する実施例の効果を説明する。信号入出力端子 P_1 と P_2 との間に接続された容量素子1、2とPINダイオード3、4から成る直列経路に対して、複数個の直列接続されたPINダイオード D_{a1} 、 D_{a2} 、 D_{a3} と D_{b1} 、 D_{b2} 、 D_{b3} を π 型となるように接続した（以下、かかる接続経路を、直列経路に対して並列経路と呼ぶ）ので、かかる並列経路の1個のPINダイオードを設けた場合よりも、複数倍（この実施例では3倍）の抵抗値（総高周波抵抗値）が得られる。

【0020】したがって、PINダイオードが顕著な非線形性を招くような領域の順方向電流（少電流）を利用しなくとも、線形性の良好な領域の順方向電流（比較的

5

多い電流)を利用して、この低い高周波抵抗値を直列接続することによって所望の高抵抗を発生させることで、線形性の良好な可変抵抗を実現することができる。

【0021】尚、図3に示すように、この実施例の可変減衰器17に対して被測定用の入力信号を供給する多チャンネル発振器16と、可変減衰器17の出力信号から不要な周波数成分を除去するバンドパスフィルタ18と、バンドパスフィルタ18を通過した信号を振幅増幅するアンプ19と、アンプ19の出力信号を周波数分析するスペクトラムアナライザ20を備えた評価システム

を用いて、この実施例の効果を確認した。ここで、多チャンネル発振器の出力信号レベルは、90dBμV(30dBmV)で、周波数範囲が55.25MHz〜547.25MHzにおいて、80チャンネルを配列したものである。

【0022】図4は、かかる評価システムによって測定された、減衰量に対する2次相互変調歪(CSO)の特性を示し、入力信号の信号レベルを90dBμV(30dBmV)且つ測定周波数を547.25MHzとし、更に、前記並列経路中に示したPINダイオード $D_{a1} \sim D_{a3}$ と $D_{b1} \sim D_{b3}$ のカスケード接続段数 k をパラメータとして示されている。

【0023】まず、PINダイオード $D_{a1} \sim D_{a3}$ と $D_{b1} \sim D_{b3}$ の直列接続段数 k を1段とした場合、換言すれば、夫々1個ずつのPINダイオード D_{a1} と D_{b1} を用いた場合にあっては、減衰量が比較的小さな領域では、2次相互変調歪が大きく劣化するという欠点がある。これに対して、直列接続段数 k を2段にした場合(夫々、2個ずつのPINダイオード D_{a1} 、 D_{a2} と D_{b1} 、 D_{b2} を用いる場合)には、このような2次相互変調歪が全体的に減少すると共に、2次相互変調歪が大きく劣化するという欠点も解消される。更に、図1に示したように、カスケード接続段数 k を3にして、夫々3個ずつのPINダイオード $D_{a1} \sim D_{a3}$ と $D_{b1} \sim D_{b3}$ を用いた場合には、2次相互変調歪が更に全体的に減少する。そして、残余の周波数の入力信号に対して行った場合でも、ほぼ同様の結果を得ることができた。

【0024】このように、この実施例によれば、 π 型可変減衰器において並列経路に接続するPINダイオード*

6

*を複数個カスケード接続する構成としたことによって、入出力特性の非線形性をより軽減することができる。

尚、かかるカスケード接続の段数 k を増やすことによって、各PINダイオードの順方向電流を比較的多くすることができる結果、非線形性を改善することができるが、カスケード接続段数 k の増加を図るためにこの順方向電流を過度に増加させると、他の技術的不都合、例えば、PINダイオードの温度変動や劣化などを招来する場合があるので、他の電気的特性を考慮しつつ最適なカスケード段数 k を設定することが望ましい。

【0025】又、この実施例では、高周波の伝送信号を扱う可変減衰器を説明したが、数kHz以上の信号について可変減衰制御する場合にも適用することができる。

【0026】

【発明の効果】以上に説明したように、PINダイオードを用いた π 型の可変減衰器において、並列経路中に複数個のPINダイオードをカスケード接続したので、PINダイオードの非線形性を避けて最適な順方向電流を設定して、最適な可変高周波抵抗を得ることができる。よって、入出力特性の非線形性を低減した可変減衰器を提供することができ、例えば、CATVシステムで使用される光送信機や光受信機、幹線増幅器、分岐増幅器などに、かかる可変減衰器を適用すると、優れた効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による可変減衰器の一実施例の回路構成を示す回路図である。

【図2】PINダイオードの一般的特性を示す特性図である。

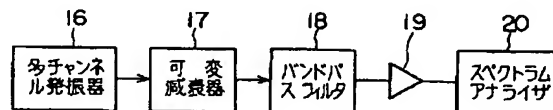
30 【図3】実施例の可変減衰器の特性を測定するための評価システムの構成を示すブロック図である。

【図4】測定実験により求められた実施例の可変減衰器の特性を示す特性図である。

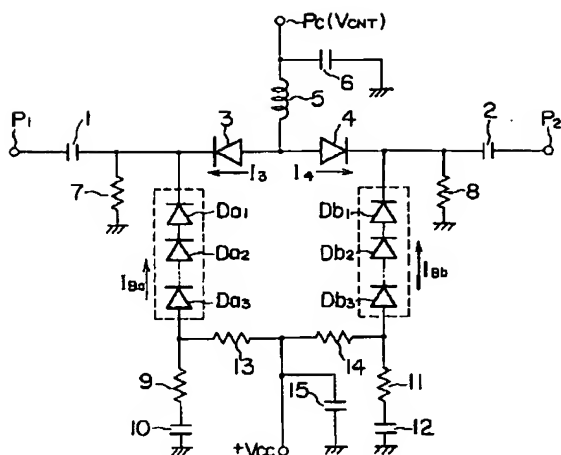
【符号の説明】

P_1 、 P_2 …入出力端子、1、2、6、10、12、15…コンデンサ、5…チョークコイル、7、8、9、11、13、14…抵抗、3、4、 $D_{a1} \sim D_{a3}$ 、 $D_{b1} \sim D_{b3}$ …PINダイオード。

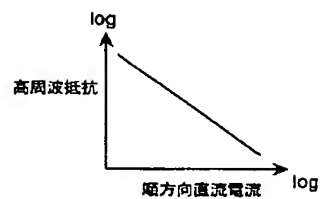
【図3】



【図1】

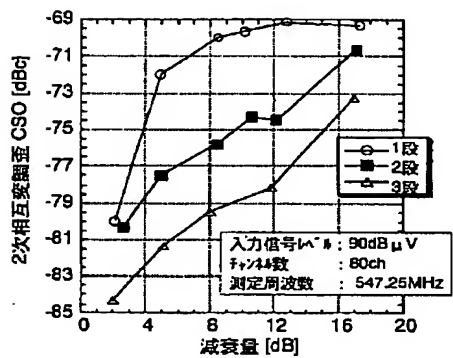


【図2】



PINダイオードの一般特性

【図4】

測定実験によりもとめられた実施例の
可変減衰器の特性